

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/FI05/000067

International filing date: 01 February 2005 (01.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: FI  
Number: 20040155  
Filing date: 02 February 2004 (02.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 31 March 2005 (31.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

Helsinki 15.3.2005

ETUOIKEUSTODISTUS  
PRIORITY DOCUMENT



Hakija  
Applicant

ABB Oy  
Helsinki

Patenttihakemus nro  
Patent application no

20040155

Tekemispäivä  
Filing date

02.02.2004

Kansainvälinen luokka  
International class

H02H

Keksinnön nimitys  
Title of invention

"Terminen ylikuormitussuoja"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings, originally filed with the Finnish Patent Office.

Marketta Tehikoski  
Apulaistarkastaja

Maksu 50 €  
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1142/2004 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1142/2004 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328  
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328  
FI-00101 Helsinki, FINLAND

## Terminen ylikuormitussuoja

### Keksinnön tausta

Keksintö liittyy termiseen ylikuormitussuojaukseen sähkölaitteiden ja erityisesti sähkömoottorien suojaamiseksi ylikuumentumiselta.

5 Sähkömoottoreita hyödynnetään monilla sovellusalueilla käyttämään erilaisia liikkuvia osia. Sähkömoottoriin liittyy usein ohjausyksikkö, joka säätää ja tarkkailee sähkömoottorin toimintaa, esimerkiksi pyörimisnopeutta.

Sähkömoottori voi toimia hetkellisesti myös ylikuormitettuna mutta jos ylikuumentuu kuormituksen jatkuessa, mikä voi johtaa moottorin vaurioitumiseen. Kriittisintä on staattorikäämityksen eristyksen vaurioituminen ylikuumentumisen takia.

Sähkömoottorin suojaamiseksi termistä ylikuormitusta vastaan tunnetaan erilaisia ratkaisuja. Eräs tunnettu ratkaisu perustuu moottorivirran 1..3-vaiheiseen mittaamiseen ja moottorin lämpenemän mallintamiseen RC-sijais-  
15 kytkennällä. Vanhin ja yleisin tekninen toteutus on suoraan tai virtamuuntajan välityksellä pääpiiriin kytketty bi-metallirele (lämpörele).

Eräs tunnettu ratkaisu on moottorin sisälle tai yhteyteen sijoitettu terminen suojakytkin, joka tietyn lämpötilarajan jälkeen laukeaa (trip) ja keskeyttää virrankulun sähkömoottorin läpi. Kehittyneempi versio on elektroninen  
20 yksikkö, joka mittaa sähkömoottorin lämpötilaa lämpötila-antureilla ja laukaisee moottorin pois päältä. Tämä vaihtoehtoinen tapa perustuu suoraan lämpötilan detektointiin erillisin anturein. Ongelmana on vaikeus saada anturit oikeaan paikkaan. Tällainen suoja reagoi suhteellisen hitaasti.

Numeerisessa suojauksessa tietoa käsitellään numeerisessa muodossa eli digitaalisesti. Analoginen mittaustieto muutetaan A/D-muuntimella digitaaliseksi. Varsinainen mittaus- ja suojaustoimintojen toteutus tehdään mikroprosessorin avulla. Terminen ylikuormitussuoja mittaa moottorin tai muun  
25 suojattavan kohteen (esim. kaapeli tai muuntaja) vaihevirtojen (kuormavirtojen) tehollisarvoja (rms) ja laskee lämpötilariippuvaisen toiminta-ajan. Tämä termi-  
30 nen toiminta-aika voi olla standardin IEC 60255-8 mukainen:

$$t = \tau \ln \frac{I^2 - I_p^2}{I^2 - I_b^2}$$

missä

t = toiminta-aika

$\tau$  = aikavakio

$I_p$  = kuormavirta ennen kuin ylikuormitus tapahtuu

$I$  = kuormavirta

$I_b$  = toimintavirta (maksimi sallittu jatkuva virta)

5 Terminen aikavakio  $\tau$  on määritelty ajaksi, joka suojattavalta koh-  
teelta tarvitaan lämpötila  $\theta$ , joka on tietty osa (esim. 63%) steady-state-lämpö-  
tilasta  $\theta_s$ , kun suojattavaa kohdetta syötetään vakiovirralla. Toimintavirta  $I_p$  on  
suurin sallittu jatkuva virta, joka myös vastaa suurinta sallittua lämpötilaa eli  
steady-state-lämpötilaa  $\theta_s$ . Tämä suurin sallittu lämpötila on laukaisutaso (trip  
10 level). Vaihtoehtoisesti voidaan vaihevirroista laskea suojattavan kohteen ter-  
misen kuormituksen suhteellinen arvo täyteen (100%) termiseen kuormituk-  
seen nähden. Laukaisu tapahtuu, kun suhteellinen termien kuormitus saavut-  
taa 100% arvon.

Numeeriseen termiseen suojaukseen liittyy siten raskasta lasken-  
15 taa, joka vaatii tehokkaan prosessorin ja nopeita ja kalliita oheispiirejä, kuten  
muisteja. Tekniikan tason ratkaisuissa on käytetty tehokasta prosessoria, jossa  
on lisäksi sisäänrakennettu matematiikkaprosessori, liukulukuyksikön (Floating  
Point Unit, FPU) tai vastaavan yksikkö tosiaikaisen laskennan suorittamiseksi  
määritellyssä ajassa. On myös käytetty tehokasta prosessoria, jossa on kirjasto-  
20 funktioita, jotka emuloivat liukulukuyksikköä. On myös toteutuksia joissa algo-  
ritmi toteutettu ASIC piirein, jolloin niissä ei ohjelmoitavuutta jälkikäteen. Tällai-  
seen single purpose -piiriin ei siksi voi tehdä muutoksia vaan tarvitaan aina uu-  
si piiri, jos toimintaa halutaan muuttaa. On myös toteutuksia, joissa sekvenssi-  
nä mitataan/lasketaan virta - lasketaan lämpenemä - jälleen mitataan, jne. Täl-  
lainen toteutus ei takaa täysin reaaliaikaista suojausta (ei jatkuvaa mittausta),  
25 mutta sallii tehottomamman prosessorin.

### Keksinnön lyhyt selostus

Keksinnön tavoitteena on siten kehittää sähkölaitteiden termiseen  
suojaukseen menetelmä ja menetelmän toteuttava laite, joilla suojaukseen liit-  
30 tyvää laskentaa voidaan keventää ja prosessorien ja oheispiirien teknisiä vaa-  
timuksia alentaa. Keksinnön tavoite saavutetaan menetelmällä ja järjestelmäl-  
lä, joille on tunnusomaista se, mitä sanotaan itsenäisissä patenttivaatimuksis-  
sa. Keksinnön edulliset suoritusmuodot ovat epäitsenäisten patenttivaatimus-  
ten kohteena.

35 Keksinnössä lasketaan reaaliaikaisesti myös aika, joka on jäljellä  
ennen laukaisua (tripping), joka aiheutuu termisestä ylikuormituksesta, jos

moottorin käyttöä jatketaan nykyisellä kuormavirralla. Tämä tieto voidaan välittää operaattorille, joka näin tietää mahdollisiin huolto- tai korjaustoimenpiteisiin käytettävissä olevan ajan ennen kuin moottori ja siihen mahdollisesti liittyvä prosessi pysähtyy.

5           Keksinnön mukaisesti laukaisuun jäljellä olevan ajan (time-to-trip) laskeva matemaattinen yhtälö tai algoritmi operandeineen ohjelmoidaan X-bittiselle, edullisesti  $X=32$ , kiinteän pilkun aritmetiikkaa käyttävälle prosessorijärjestelmälle sopivaksi siten, tulos tai välitulos eivät ohjelmaa prosessorijärjestelmässä ajettaessa koskaan ylitä X-bittistä arvoa.

10           Mitattu virta skaalataan edullisesti yksikköarvoksi alueelle 0 - Y, missä Y edustaa Y/100 % nimellisvirrasta ja edullisesti  $Y=65000$ , jolloin laskenta on riippumaton todellisesta virta-alueesta.

            Keksinnön ansiosta time-to-trip voidaan laskea vähemmän tehokkaalla prosessorilla ja vähällä muistilla, mikä puolestaan laskee laitteen tehon-  
15   kulutusta, valmistuskustannuksia ja fyysistä kokoa. Laskenta voidaan toteuttaa yksinkertaisella ja siirrettävällä koodilla, joka ei vaadi matematiikkaprosessoria tai matemaattisia kirjastoja. Kuitenkin terminen kuormitus voidaan laskea lähes 64-bitin liukulukulaskennan tarkkuudella, vaikka prosessori käyttäisi 32-bitin kiinteän pilkun aritmetiikkaa.

## 20   **Kuvioiden lyhyt selostus**

            Keksintöä selostetaan nyt lähemmin esimerkinomaisten suoritusmuotojen yhteydessä, viitaten oheisiin piirroksiin, joista:

            Kuvio 1 on esimerkinomainen lohkokaavio, joka havainnollistaa keksinnön erään keksinnön erään suoritusmuodon mukaista ylikuormitussuojaa;

25           Kuvio 2 on esimerkinomainen signaaliakaavio, joka havainnollistaa kuvion 1 laitteen toimintaa; ja

            Kuvio 3 on esimerkinomainen vuokaavio, joka havainnollistaa kuvion 1 laitteen toimintaa.

## **Keksinnön yksityiskohtainen selostus**

30           Kuviossa 1 terminen ylikuormitussuoja on kytketty suojattavan sähkömoottorin M tai muun sähkölaitteen ja kolmivaiheisen verkkovirtasyötön L1, L2 ja L3 väliin. S1 on pääverkkokytkin, esimerkiksi manuaalisesti ohjattu, ja S2 on ylikuormitussuojan ohjaama vapautuskytkin, jota ohjataan laukaisusignaali-  
35   la TRIP. Ylikuormitussuoja 1 mittaa moottorin M verkkovirtasyötön kunkin vaiheen L1, L2 ja L3 kuormavirtaa virranmittausyksiköllä 10, joka perustuu esi-

merkiksi virtamuuntajiin. Lisäksi ylikuormitussuoja 1 voi käsittää mittaussyksikön 11 vaihejännitteiden mittaamiseksi. Lisäksi ylikuormitussuoja 1 edullisesti käsittelee käyttöliittymän eli ihminen-kone-rajapinnan HMI (Human-Machine-Interface) 12, johon liittyy näyttö 13 ja näppäimistö 14. Edelleen ylikuormitussuoja 1 voi käsittää tiedonsiirtoyksikön 15, joka on liitetty paikallisverkkoon (esim. Ethernet), väylään (esim. Profibus) tai muuhun tiedonsiirtomediaan 17.

Keksinnön kannalta oleellisin toiminta liittyy suojaus- ja ohjaussyksikköön 16. Ylikuormitussuoja 1 on toteutettu mikroprosessorijärjestelmällä, jolloin pääosa yllämainituista yksiköistä toteutetaan sopivilla mikroprosessorin ohjelmilla ja oheispiireillä, kuten muistipiireillä. Virta- ja jännitemittaussyksiköiden tuottamat mittausrvot muutetaan numeerisiksi eli digitaalisiksi arvoiksi digitaali-analogiamuuntimilla (A/D). Keksinnön peruseräteen mukaisesti mikroprosessorijärjestelmä käyttää kiinteän pilkun aritmetiikkaa, edullisesti 32-bittistä aritmetiikkaa. Sopiva prosessoryyppi on esimerkiksi 32-bit RISC käskykannan omaava yleiskäyttöinen prosessori, kuten ARM7/9 tai M68k-sarja.

On ymmärrettävä, että yllä esitetty rakenne on vain yksi esimerkki keksinnön toteuttavasta termisestä ylikuormitussuojasta.

Ylikuormitussuoja 1 suojaa moottoria M ylikuumenemiselta ja siitä aiheutuvilta vaurioilta. Suojaus perustuu moottorin termisen kuormituksen laskemiseen mitattujen vaihevirtojen perusteella. Seuraavaksi selitetään suojan yleistä toimintaa kuvioiden 2 ja 3 esimerkin avulla. Vaihejohtimet L1, L2 ja L3 kytketään moottorille M sulkemalla kytkimet S1 ja S2. Virranmittausyksikkö 10 mittaa vaiheiden virrat (vaihe 31, kuvio 3) ja ohjaussyksikkö 16 laskee vaihevirtojen perusteella moottorin M termisen kuorman kiinteän pilkun aritmetiikalla (vaihe 32).

Vaikka termisen kuormituksen laskemisessa käytetty algoritmi ei sinänsä ole keksinnön kannalta olennainen, seuraavassa kuvataan eräs ratkaisu, joka soveltuu kiinteän pilkun aritmetiikalle. Matemaattinen yhtälö voi olla yhdelle vaiheelle seuraava:

$$\Theta_k = \Delta T * \frac{i^2}{C} + \left(1 - \frac{\Delta T}{R * C}\right) * \Theta_{k-1}$$

missä

$\Theta$  = terminen kuorma, edullisesti 0 to 200% vastaten edullisesti arvoaluetta 0-2,4

$\Delta T$  = termisen kuorman laskentaväli, edullisesti millisekunnissa

$R$  = sähkölaitteen jäähdytyskerroin, edullisesti 1...10

$C$  = trip-luokan kerroin

$i$  = mitattu kuormavirta

- 5 Kerroin  $C$  on edullisesti trip-luokan kerroin  $t_6$ , joka kertoo moottorille asetetun suurimman käynnistysajan suhteessa todelliseen moottorin käynnistysaikaan. Kerroin  $C$  voi olla esimerkiksi 1,7 (x todellinen käynnistysaika). Keksinnön ensisijaisessa suoritusmuodossa trip-luokan kerroin  $t_6$  kerrotaan vakioilla, edullisesti 29.5, tai lasketaan kaavalla  $(1/k) * T_e * (I_a/I_n)^2$ , missä  $I_a$  = käynnistysvirta,  $I_n$  = nimellisvirta,  $T_e$  = sallittu käynnistysaika ja  $k$  = vakio. Vakio  $k$  = 1,22, kun halutaan vastaava toiminta-aikakäyrästä kuin trip luokan ja  $t_6$  ajan yhdistelmällä (IEC 60947-4-1 vaatimusten mukaiset toiminta-ajat). Mitattu virta skaalataan edullisesti yksikköarvoksi alueelle 0 - Y, missä Y edustaa Y/100 % nimellisvirrasta ja edullisesti  $Y=65000$ , jolloin laskenta on riippumaton todellisesta virta-alueesta.
- 15

- Tarkastellaan esimerkkinä 32-bittistä kiinteän pilkun aritmetiikkaa. Yllä kuvattu termisen kuormituksen laskeva matemaattinen yhtälö tai algoritmi operandeineen ohjelmoidaan 32-bittistä kiinteän pilkun aritmetiikkaa käyttävälle prosessorijärjestelmälle sopivaksi siten, tulos tai välitulos eivät ohjelmaa prosessorijärjestelmässä ajettaessa koskaan ylitä 32-bittistä arvoa.
- 20

Esimerkki tällä tavoin strukturoidusta ja skaalatusta laskentayhtälöstä ohjelmoidusta on

$$\begin{aligned} thRes = & ((\Delta T * (i^2 / C) + ROUNDING) / MSEC) \\ & + (((((MSEC * SCALING) - ((\Delta T * SCALING) / (R * C))) / SPART1) * th) / SPART2) \\ & + thFract \end{aligned}$$

missä operandien arvot ovat esimerkiksi seuraavia

$thRes$  = terminen kuorma 0 to 200% vastaten arvoaluetta 0-24000

25  $ROUNDING$  = esim. 500

$MSEC$  = esim. 1000

$SCALING$  = esim. 10000

$SPART1$  = esim.  $SCALING / 10$

$SPART2$  = esim.  $SCALING / 100$

30  $thFract$  = edellisen laskennan  $thRes$  jaettuna vakiolla, esim. vakiolla =  $SCALING = 10000$ .

$ROUNDING$  vastaa desimaalipyöristystä.  $MSEC$  skaalaa millisekunnit sekunneiksi.  $SCALING$  on tarkkuuden skaalaus. Termien  $SPART1$  ja

SPART2 tulo edustaa aikayksikön (edullisesti millisekuntien) skaalausta, joka on jaettu kahteen osaan laskentatarkkuuden säilyttämiseksi.

Termisen kuormituksen tulos  $\Theta_{RES}$  on skaalauksen vuoksi liian suuri (esimerkissä alueella 0-24000) ja se skaalataan alaspäin edustamaan käytettyä termisen kuormituksen yksikköarvoa (per unit value), esimerkiksi alueelle 0-2,4

$$\Theta = \Theta_{RES}/10000$$

Tämä osamäärä  $\Theta$  tallennetaan parametrina  $\Theta_{Fract}$  ja sitä käytetään seuraavalla kerralla laskennassa. Laskentatarkkuus on 0-100% termisellä kuormituksella parempi kuin 0,1% termisestä kuormituksesta.

Kuvion 2 kuvaaja esittää laskettua termistä kuormitusta  $\Theta$  ajan  $t$  funktiona. Moottorin  $M$  käynnistyttyä kylmästä tilasta, se alkaa lämmetä. Samalla tavoin laskettu termisen kuormituksen  $\Theta$  kasvaa ajan funktiona. Kun termisen kuormituksen  $\Theta$  kasvaa tietyllä asetetulle hälytystasolle  $\Theta_{Alarm\_level}$ , ohjausyksikkö 16 voi antaa hälytyksen operaattorille esimerkiksi käyttöliittymän 12-14 tai tietoliikenneyksikön 15 kautta (vaiheet 35 ja 36 kuviossa 3). Ohjausyksikkö 16 voi myös jatkuvasti tai tietyn tason jälkeen laskea jäljellä olevan ajan laukaisuun (time-to-trip) ja ilmoittaa sen operaattorille (vaiheet 33 ja 34 kuviossa 3).

Keksinnön periaatteiden mukaisesti laukaisuun jäljellä oleva aika  $\tau$  (time-to-trip) lasketaan käyttäen prosessoria, joka käyttää kiinteän pilkun kokonaislukuaritmetiikkaa, edullisesti 32-bittistä. Laskennan perustana käytetty matemaattinen yhtälö voi olla seuraava:

$$\tau = R \cdot C \cdot \ln(a)$$

$$a = 1 - \left( \frac{\Theta_{trip} - \Theta}{i^2 - \Theta} \right)$$

missä

$\Theta_{trip}$  = termisen kuormituksen laukaisutaso

$\Theta$  = laskettu termisen kuorman

$\tau$  = estimoitu aika siihen, kun  $\Theta$  saavuttaa laukaisutason  $\Theta_{trip}$

$\Delta T$  = termisen kuorman laskentaväli

$R$  = sähkölaitteen jäähdytyskerroin

$C$  = trip-luokan  $t_b$ -kerroin

$i$  = mitattu virta



Yhtälö operandeineen on ohjelmoitu mikroprosessorijärjestelmään siten strukturoituna, että tulos tai välitulos eivät koskaan ylitä 32-bittistä arvoa.

Keksinnön edullisessa suoritusmuodossa operaattorit ovat seuraavat:

- 5             $\Theta$  = laskettu termien kuorma 0 to 200% vastaten arvoaluetta 0-2,4  
               $\Delta T$  = termien kuorman laskentaväli millisekunneissa  
              R = sähkölaitteen jäähdytyskerroin alueella 1...10  
              C = trip-luokan  $t_6$ -kerroin kerrottuna vakiolla, edullisesti 29.5, tai lasketaan kaavalla  $(1/k) * T_e * (I_a/I_n)^2$ , missä  $I_a$  = käynnistysvirta,  $I_n$  = nimellisvirta,  $T_e$  = sallittu käynnistysaika ja k = vakio. Vakio k = 1,22, kun halutaan vastaava toiminta-aikakäyrästä kuin trip luokan ja  $t_6$  ajan yhdistelmällä (IEC 60947-4-1 vaatimusten mukaiset toiminta-ajat).

- 10            Luonnollinen logaritmi,  $\ln(a)$ -funktio voidaan joko laskea normaali-funktion pienellä alijoukolla tai hakutaulukkoa (look-up table) käyttäen. Valinta  
 15            pienen matemaattisen funktion tai hakutaulukon välillä määräytyy optimointitarpeesta ja vaaditusta deterministisyydestä. Tämä laskenta on 100% deterministinen, kun käytetään hakutaulukkoa.

Luonnollinen logaritmi  $\ln(a)$  voidaan kirjoittaa muotoon:

- 20             $\ln(a)$  .  
               $\ln(c) = \ln(e^{10}) + \ln(a) \Rightarrow$   
               $\ln(c) = 10 + \ln(a)$

Tämän seurauksena keksinnön eräässä suoritusmuodossa operaattori a ja time-to-trip  $\tau$  lasketaan skaalatuilla yhtälöillä

- 25             $a = 1 * e_{10\_SCALING} - (\Theta_{trip} - \Theta) * e_{10\_SCALING} / (i^2 / P_{UCOMP} - \Theta)$   
               $\tau = (R * C * (\log(a) * SCALING - (LN\_e10 * SCALING))) / -SCALING$   
              missä

- Kerroin  $e_{10\_SCALING}$  (esim. 22026) approksimoiden skaalausta  $e^{10}$  :lle (esim. 22026,47).

- 30             $LN\_e10$  funktiota  $\ln(e^{10})$ . Esimerkiksi  $LN\_e10 = 10$  edustaa funktiota  $\ln(e^{10})=10$ .

i = mitattu virta skaalattuna yksikköarvoksi, esimerkiksi alueelle 0-65000, joka vastaa 0-650% nimellisvirrasta,  
              SCALING on tarkkuusskaalaus, jonka arvo (esim. 10000) riippuu vaaditusta tarkkuudesta.

- 35            PUCOMP on yksikkökohtainen (per unit) kompensatio (esim. 10000).

Time-to-trip arvon  $\tau$  estimointi voidaan laskea hitaammin, esimerkiksi 10 kertaa hitaammin kuin terminen kuormitus.  $\tau$  pitäisi kuitenkin laskea vähintään kerran sekunnissa. Tuloksen tarkkuus on parempi kuin +/- 1 sekunti.

Esimerkki hakutaulukosta on esitetty taulukossa 1.

5

```

uint32 logTab[] = {
    0,      55452, 62383, 66438, 69315, 71546, 73369, 74911, 76246, 77424, 78478,
    79431, 80301, 81101, 81842, 82532, 83178, 83784, 84355, 84896, 85409, 85897,
    86362, 86807, 87232, 87641, 88033, 88410, 88774, 89125, 89464, 89792, 90109,
    90417, 90715, 91005, 91287, 91561, 91828, 92087, 92341, 92587, 92828, 93064,
    93294, 93518, 93738, 93953, 94164, 94370, 94572, 94770, 94964, 95155, 95342,
    95525, 95705, 95882, 96056, 96227, 96395, 96561, 96723, 96883, 97041, 97196,
    97348, 97499, 97647, 97793, 97937, 98079, 98218, 98356, 98492, 98627, 98759,
    98890, 99019, 99146, 99272, 99396, 99519, 99640, 99760, 99878, 99995, 100111,
    100225, 100338, 100450, 100560, 100670, 100778, 100885, 100991, 101095, 101199, 101301,
};

```

Taulukko 1.

Taulukossa toimii indeksinä operaattorin  $a$  arvo 256:n jaksoissa. Jos  $a < 256$ , haetaan taulukon ensimmäinen arvo eli 0. Jos  $a = 256$ , haetaan taulukon toinen arvo eli 55452; kun  $a = 512$ , haetaan taulukon kolmas arvo eli 62383, jne. Taulukko korvaa funktion  $\ln(a)$  laskemisen ja esimerkkitapauksessa ottaa myös huomioon SCALING-kertoimen.

Kun terminen kuormitus  $\Theta$  kasvaa tietyllä asetetulle laukaisutasolle  $\Theta_{\text{Trip}}$  (edullisesti 100% moottorin lämpökuormasta), ohjausyksikkö 16 aktivoi laukaisusignaalin TRIP, joka ohjaa kytkimen S2 auki, jolloin moottori M kytetään irti kolmivaihesyötöstä L1, L2 ja L3 (vaiheet 37 ja 38 kuviossa 3). Jos moottorin termistä kapasiteettia on laukaisun (tripping jälkeen) jälkeen jäljellä liian vähän (esim. vähemmän kuin 60%), suoja 1 voi estää uuden käynnistyskunnes moottori jäähtyy tietyllä tasolle (restart inhibit) tai tietyn ajan (vaiheet 39 ja 40 kuviossa 3). Käynnistystä varten signaali TRIP kytketään jälleen inaktiiviseksi ja kytkin S2 suljetaan. Eräessä suoritusmuodossa operaattori voi ohjata ohjausyksikön 16 override-tilaan, jossa Trip-taso on kaksinkertainen (override Trip-taso).

Alan ammattilaiselle on ilmeistä, että tekniikan kehittyessä keksinnön perusajatus voidaan toteuttaa monin eri tavoin. Keksintö ja sen suoritusmuodot eivät siten rajoitu yllä kuvattuihin esimerkkeihin vaan ne voivat vaihdella patenttivaatimusten puitteissa.

## Patenttivaatimukset

1. Laite sähkölaitteen, erityisesti sähkömoottorin (M), termistä yli-kuormitussuojausta varten, joka laite käsittää välineet (10) sähkölaitteelle (M) syötetyn ainakin yhden kuormavirran mittaamiseksi, välineet (16) sähkölaitteen
- 5 termisen kuormituksen laskemiseksi mainitun ainakin yhden kuormavirran perusteella sekä välineet (S2) virransyötön (L1,L2,L3) keskeytyksen laukaisemiseksi, kun terminen kuormitus saavuttaa tietyn kynnystason, t u n n e t t u siitä, että laite käsittää X-bittistä, edullisesti  $X=32$ , kiinteän pilkun aritmetiikkaa käyttävän prosessorijärjestelmän, joka sisältää välineet mitatun virran ska-
- 10 laamiseksi yksikköarvoksi alueelle 0 - Y, missä Y edustaa Y/100 % nimellisvirrasta, ja välineet laukaisuun jäljellä olevan ajan laskemiseen yhtälön mukaisesti

$$\tau = R \cdot C \cdot \ln(a)$$

$$a = 1 - \left( \frac{\Theta_{trip} - \Theta}{i^2 - \Theta} \right)$$

missä

$\Theta_{trip}$  = termisen kuormituksen laukaisutaso

15  $\Theta$  = laskettu terminen kuorma

$\tau$  = estimoitu aika siihen, kun  $\Theta$  saavuttaa laukaisutason  $\Theta_{trip}$

$\Delta T$  = termisen kuorman laskentaväli

R = sähkölaitteen jäähdytyskerroin

C = trip-luokan kerroin

20 i = mitattu virta

jolloin yhtälö operandeineen on ohjelmoitu mikroprosessorijärjestelmään siten struktruoituna, että tulos tai välitulos eivät koskaan ylitä X-bittistä arvoa.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että
- 25 käytetään yhtä tai useampia seuraavista operandien arvoista

$\Theta = 0$  to 200% vastaten edullisesti arvoaluetta 0-2,4

$\Delta T$  = termisen kuorman laskentaväli millisekunneissa

R = sähkölaitteen jäähdytyskerroin alueella 1...10

3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen laite, tunnettu siitä, että

matemaattinen yhtälö, joka on operandeineen strukturoitu siten, että termisen kuorman laskennan tulos tai välitulos eivät koskaan ylitä 32-bittistä

5 arvoa on

$$a = 1 * e_{10\_SCALING} - (\Theta_{trip} - \Theta) * e_{10\_SCALING} / (i_2 / PUCOMP - \Theta)$$

$$\tau = (R * C * (\log(a) * SCALING - (\ln_{e10} * SCALING))) / -SCALING$$

missä

$e_{10\_SCALING}$  on funktion  $e^{10}$  skaalausarvio

10  $\ln_{e10}$  edustaa funktiota  $\ln(e^{10})$

$i$  = mitattu virta skaalattuna yksikköarvoksi

$SCALING$  on tarkkuusskaalaus, jonka arvo riippuu vaaditusta tarkkuudesta.

$PUCOMP$  on yksikkökohtainen kompensatio.

15 4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen laite, tunnettu siitä, että käytetään yhtä tai useampaa seuraavista operandien arvoista

$$e_{10\_SCALING} = 22026$$

$$\ln_{e10} = 10$$

20  $i$  = mitattu virta skaalattuna yksikköarvoksi alueelle 0-65000, joka vastaa 0-650% nimellisvirrasta,

$$SCALING = 10000$$

$$PUCOMP = 10000.$$

25 5. Jonkin patenttivaatimuksen 1-4 mukainen laite, tunnettu siitä, että laite käsittää muistin on tallennettu hakutaulukko, jossa on funktion  $\ln(a)$  arvot joukolle parametrin  $a$  arvoja, ja että mainitut laskentavälineet on sovitettu hakemaan parametria  $a$  vastaava arvo hakutaulukosta yhtälön laskennan aikana.

30 6. Patenttivaatimuksen 1, 2, 3 tai 4 mukainen laite, tunnettu siitä, että  $C$  on trip-luokan kerroin  $t_b$  kerrottuna vakiolla, edullisesti 29.5, tai laskettuna kaavalla  $(1/k) * T_e * (I_a / \ln)^2$ , missä  $I_a$  = käynnistysvirta,  $\ln$  = nimellisvirta,  $T_e$  = sallittu käynnistysaika ja  $k$  = vakio, edullisesti  $k = 1,22$ .

7. Menetelmä sähkölaitteen, erityisesti sähkömoottorin, termistä ylikuormitussuojausta varten, joka menetelmä käsittää  
ainakin yhden sähkölaitteelle syötetyn kuormavirran mittaamisen,  
35 sähkölaitteen termisen kuormituksen laskemisen mainitun ainakin yhden kuormavirran perusteella, ja

virransyötön keskeyttämisen sähkölaitteelta, kun terminen kuormitus saavuttaa tietyn kynnystason, t u n n e t t u siitä, että

mitattu virta skaalataan yksikköarvoksi alueelle 0 - Y, missä Y edustaa Y/100 % nimellisvirrasta,

- 5           laukaisuun jäljellä oleva aika lasketaan lasketaan X-bittisellä, edullisesti X=32, kiinteään pilkun aritmetiikkaa käyttävällä prosessorijärjestelmällä ratkaisemalla seuraava yhtälö siten strukturoituna ja skaalattuna, että tulos tai välitulos eivät koskaan ylitä X-bittistä arvoa:

$$\tau = R * C * \ln(a)$$

$$a = 1 - \left( \frac{\Theta_{trip} - \Theta}{i^2 - \Theta} \right)$$

missä

- 10            $\Theta_{trip}$  = termisen kuormituksen laukaisutaso

$\Theta$  = laskettu terminen kuorma

$\tau$  = estimoitu aika siihen, kun  $\Theta$  saavuttaa laukaisutason  $\Theta_{trip}$

$\Delta T$  = termisen kuorman laskentaväli

R = sähkölaitteen jäähdytyskerroin

- 15           C = trip-luokan kerroin

i = mitattu virta

yhtälön operandeineen ollessa strukturoitu siten, että tulos tai välitulos eivät koskaan ylitä X-bittistä arvoa.

- 20           8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että käytetään yhtä tai useampaa seuraavista operandien arvoista

$\Theta$  = laskettu terminen kuorma 0 to 200% vastaten arvoaluetta 0-2,4

$\Delta T$  = termisen kuorman laskentaväli millisekunneissa

R = sähkölaitteen jäähdytyskerroin alueella 1...10

- 25           9. Patenttivaatimuksen 7 tai 8 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että

matemaattinen yhtälö, joka on operandeineen strukturoitu siten, että termisen kuorman laskennan tulos tai välitulos eivät koskaan ylitä 32-bittistä arvoa on

$$a = 1 * e_{10\_SCALING} - (\Theta_{trip} - \Theta) * e_{10\_SCALING} / (i^2 / PU\_COMP - \Theta)$$

- 30            $\tau = (R * C * (\log(a) * SCALING - (LN\_e_{10} * SCALING))) / -SCALING$

missä

$e_{10\_SCALING}$  on funktion  $e^{10}$  skaalauserroin

LN\_e10 edustaa funktiota  $\ln(e^{10})$

i = mitattu virta skaalattuna yksikköarvoksi

SCALING on tarkkuusskaalaus, jonka arvo riippuu vaaditusta tarkkuudesta.

5 PUCOMP on yksikkökohtainen kompensatio.

10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että käytetään yhtä tai useampaa seuraavista operandien arvoista

e10\_SCALING = 22026

LN\_e10 = 10

10 i = mitattu virta skaalattuna yksikköarvoksi alueelle 0-65000, joka vastaa 0-650% nimellisvirrasta,

SCALING = 10000

PUCOMP = 10000.

15 11. Jonkin patenttivaatimuksen 7-10 mukainen, tunnettu siitä, että

tallennetaan hakutaulukko, jossa on funktion  $\ln(a)$  arvot joukolle parametrin a arvoja, ja

haetaan parametria a vastaava arvo hakutaulukosta laskennan aikana.

20 12. Patenttivaatimuksen 7, 8, 9 tai 10 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että C on trip-luokan kerroin  $t_6$  kerrottuna vakiolla, edullisesti 29.5, tai laskettuna kaavalla  $(1/k) * T_e * (I_a/\ln)^2$ , missä  $I_a$  = käynnistysvirta,  $\ln$  = nimellisvirta,  $T_e$  = sallittu käynnistysaika ja k = vakio, edullisesti k = 1,22.

**(57) Tiivistelmä**

Sähkölaitteen, erityisesti sähkömoottorin (M), terminen yli-kuormitusuoja (1) mittaa (10) sähkölaitteelle (M) syötetyn kuormavirran ja laskee (16) sähkölaitteen termisen kuormituksen mitatun kuormavirran perusteella sekä laukaisee (S2) virransyötön (L1,L2,L3) keskeytyksen, kun terminen kuormitus saavuttaa tietyn kynnystason. Suoja käsittää X-bittistä, edullisesti  $X=32$ , kiinteän pilkun aritmetiikkaa käyttävän prosessorijärjestelmän, jossa lasketaan myös laukaisuun jäljellä oleva aika yhtälöllä, joka operandeineen on ohjelmoitu mikroprosessorijärjestelmään siten struktruoituna, että tulos tai välitulos eivät koskaan ylitä X-bittistä arvoa.

(Kuvio 1)

L5  
1/2

Fig. 1

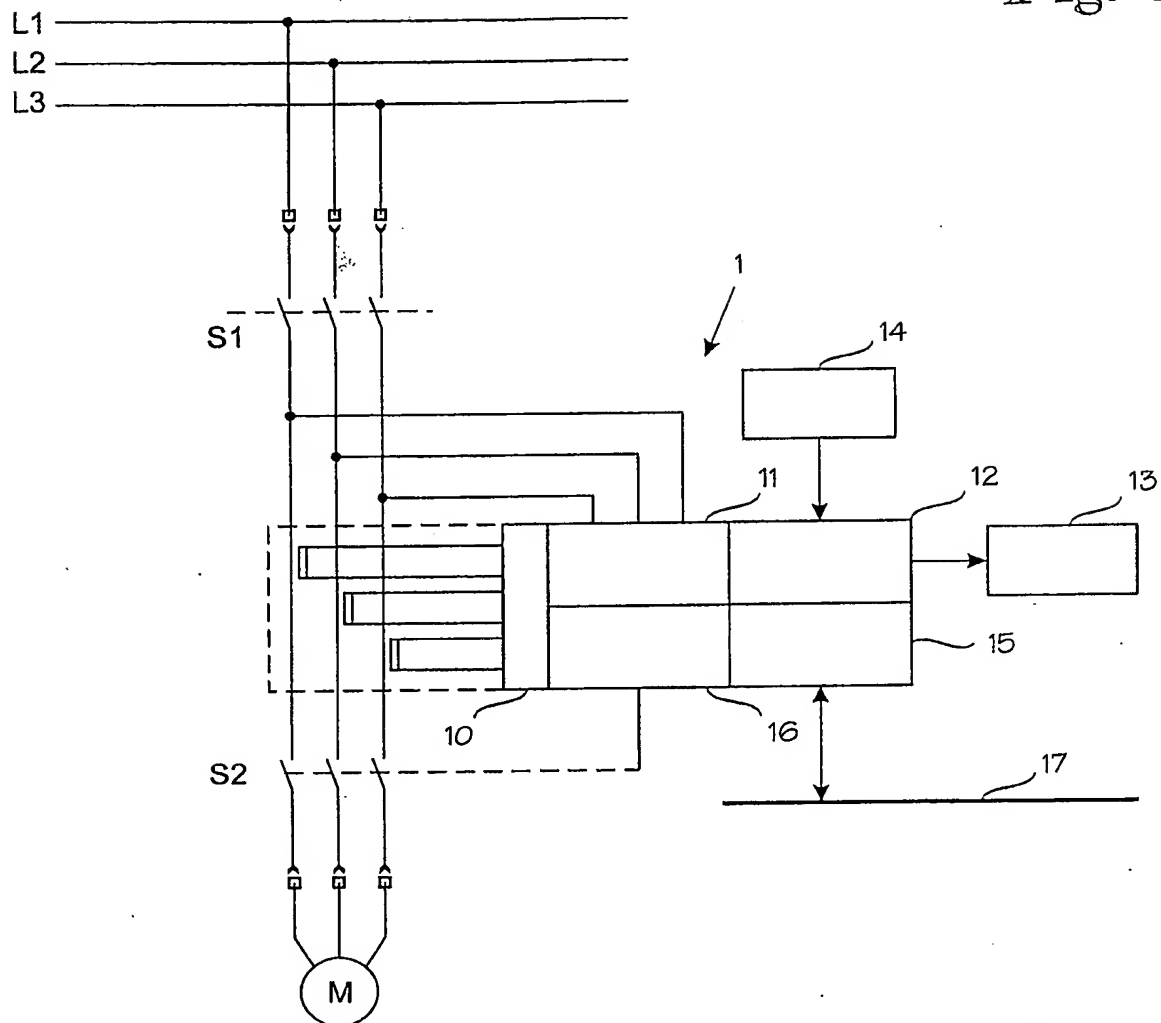
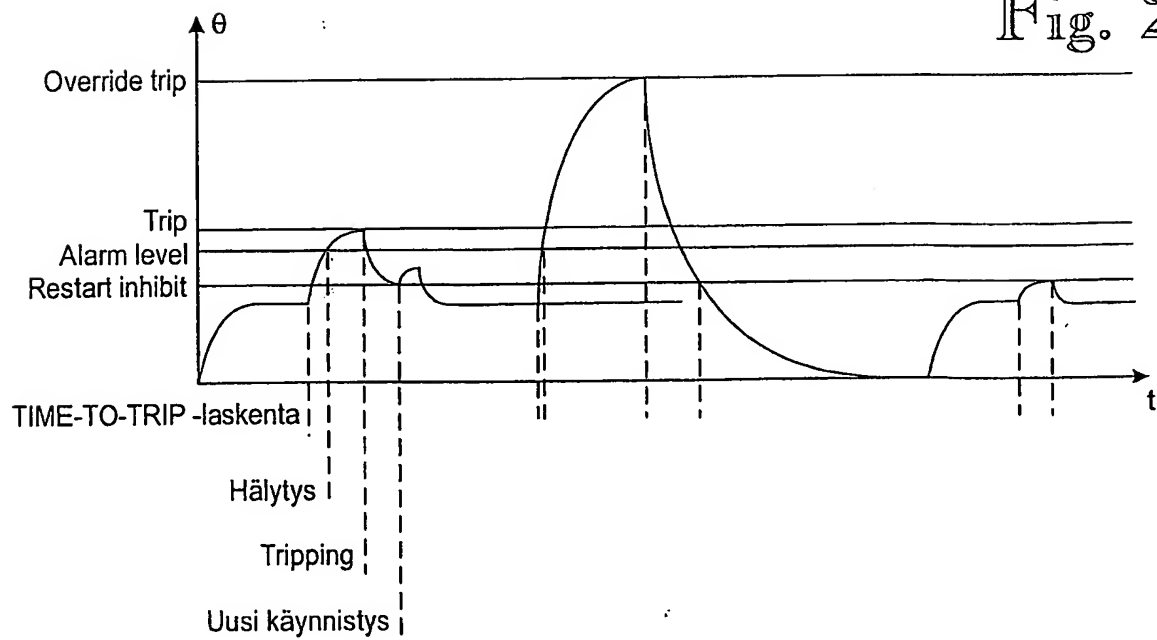


Fig. 2





L5  
2/2

Fig. 3

